

УДК 669.162.263

ОЦЕНКА ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ В НИЖНЕЙ ЧАСТИ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

А. С. Блинков¹, Н. А. Спирин², И. А. Гурин³

^{1,2,3} Уральский федеральный университет имени первого
Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

¹ sa5ha.blinkov@yandex.ru

Аннотация. Существующие методы аналитического расчета тепловых потерь, имеющие место при выплавке чугуна в доменных печах, не отражают реальный процесс плавки. Установлено, что анализ теплового баланса нижней ступени теплообмена позволяет определять тепловые потери в этой зоне печи.

Ключевые слова: доменный процесс, зональный тепловой баланс, потери тепла, энергоэффективность

ESTIMATION OF HEAT LOSSES IN THE LOWER STAGE OF THE BLAST FURNACE

A. S. Blinkov¹, N. A. Spirin², I. A. Gurin³

^{1,2,3} Ural Federal University named after the First
President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

¹ sa5ha.blinkov@yandex.ru

Abstract. It is shown that the existing methods of analytical calculation of heat losses occurring during the smelting of pig iron in blast furnaces do not reflect the actual smelting process. It has been established that the analysis of the heat balance of the lower stage of heat exchange makes it possible to determine the heat losses in this zone of the blast furnace.

Keywords: blast furnace process, zonal heat balance, heat losses, energy efficiency

Наряду с задачами контроля расхода и качества железорудных материалов и кокса, технологии обработки жидких продуктов плавки (чугуна и шлака) контроль тепловых потерь в ходе доменной плавки является третьей по важности задачей в области средств контроля и автоматизации доменного процесса [1–3].

Нижняя ступень теплообмена доменной печи является основной при определении качественных и количественных параметров доменного процесса. В работах, посвященных доменной плавке, показано, что основная часть потерь тепла, отводимых системой охлаждения, приходится на высокотемпературную зону печи: нижнюю часть шахты, заплечики, фурменную зону, горн и лещадь [4; 5]. Их доля составляет 85–90 % от общих потерь тепла. Величина потерь тепла определяется конкретными конструктивными размерами печи, конструкцией системы охлаждения, состоянием кладки и режимными параметрами работы печи.

В процессе эксплуатации доменной печи тепловые потери меняются. Это происходит вследствие разгара кладки, образования гарнисажа и его возможного разрушения, развития периферийного либо, напротив, осевого газового потока и др. Анализ показал, что существующие методы аналитического расчета тепловых потерь в доменных печах, не отражают процесс плавки в реальных условиях работы доменной печи [1; 2].

Расчет потерь тепла по тепловому балансу в нижней ступени теплообмена позволяет оценивать их значение по текущей информации о работе печи. В этом случае учитываются конструктивные размеры и режимные параметры печи, характеристики комбинированного дутья, состав и свойства загружаемых железорудных материалов и кокса [6].

С помощью балансовой модели доменной печи Уральского федерального университета и Магнитогорского металлургического комбината (УрФУ–ММК) [7; 8] выполнен расчет тепловых балансов нижней ступени теплообмена доменной печи № 10 ММК в различные периоды работы. Некоторые исходные данные и результаты расчетов, представленные в табл. 1, 2, показывают, что тепловые потери для различных периодов работы печи изменяются от 3,0 до 7,3 %.

Таблица 1

Тепловые балансы нижней ступени теплообмена доменной печи № 10 ММК

Приход тепла		Расход тепла		
Статьи прихода теплоты	Варианты расчета			Варианты расчета
	1	2	3	
Теплота горения кокса у фурм, кДж/кг	2699,4	2615,6	2464,5	1004,7
Теплота, вносимая дутьем, кДж/кг	1669,6	1572,3	1434,2	214,6
Теплота конверсии газа, кДж/кг	157,9	210,9	210,9	168,7
Теплота, вносимая шихтой, кДж/кг	1667,0	1670,4	1649,1	1940,7
				2283,6
				179,1
				5791,4
				402,5
				6,5
Итого приход теплоты, кДж/кг	6193,9	6069,2	5758,7	7,3
				3,0

Таблица 2

Некоторые исходные данные и расчетные параметры для расчета теплового баланса

Параметр	Варианты расчетов		
	1 (апрель 2018 г.)	2 (июнь 2019 г.)	3 (август 2019 г.)
Производительность печи, т/сут.	4887,000	5020,000	4910,000
Доля окатышей в ЖРМ, %	38,700	36,600	33,400
Расход дутья, м ³ /мин	3717,000	4583,000	4250,000
Температура дутья, °С	1115,000	1003,000	997,000
Содержание кислорода в дутье, %	27,740	27,480	28,100
Содержание кремния в чугуна, %	0,696	0,672	0,686
Расход скипового кокса, кг/т чугуна	432,500	431,200	415,600
Расход кокса фр. 25–40 мм, кг/т чугуна	4,500	15,700	12,600
Расход природного газа, м ³ /т чугуна	95,300	127,300	127,300
Расчетные параметры			
Удельный расход дутья, м ³ /т чугуна	1045	1108	1014
Теоретическая температура горения, °С	2066	1926	1867

Таким образом, выполнен расчет тепловых потерь в нижней части доменной печи. Контроль за тепловыми потерями необходим для оценки состояния огнеупорной кладки доменной печи, рационального газораспределения, а также для корректировки расхода кокса.

Список источников

1. Рамм А. Н. Современный доменный процесс: влияние различных факторов на результаты доменной плавки. М. : Metallurgy, 1980. 303 с.
2. Готлиб А. Д. Доменный процесс. М. : Metallurgy, 1966. 503 с.
3. Товаровский И. Г. Доменная плавка. Днепропетровск : Пороги, 2009. 764 с.
4. Домна в энергетическом измерении / А. В. Бородулин [и др.] ; предисл. В. И. Большакова, Ю. Г. Ярошенко. Днепропетровск : Изд-во Днепропетр. техн. ун-та, 2006. 542 с.
5. Большаков В. И. Технология высокоэффективной энергосберегающей доменной плавки. Киев : Наукова думка, 2007. 411 с.
6. Теплотехника доменного процесса / Б. И. Китаев [и др.]. М. : Metallurgy, 1978. 248 с.
7. Математическое моделирование металлургических процессов в АСУ ТП / Н. А. Спирин [и др.] ; под ред. Н. А. Спирина. Екатеринбург : [УрФУ], 2014. 558 с.
8. О возможности использования теплового баланса доменной плавки для контроля тепловых потерь / О. П. Онорин [и др.] // Металлург. 2018. № 3. С. 30–34.